Die Bedeutung der Diplopodenart Chromatoiulus projectus Verh. bei der Zersetzung von Eichenstreu

Von

M. Pobozsny*

Abstract. Under particular cave-laboratory conditions, feeding experiments were carried out to estimate, quantitatively, the litter consumption activities of *Chromatoiulus projectus* (Diplopoda), one of the most frequent millipede species in the litter layers of Hungarian forest stands. The adult specimens of this species were fed on weathered fallen leaves of *Quercus petraea* sampled monthly in a forest sampling site during the feeding experiments. The amount of the consumed leaf material averaged to about 730 mg per one living animal per 9 months (one year minus the winter period). The quantity of the produced fecal pellets and of the consumed leaf matter showed a direct correlation as it was proved by statistical analyses. The fluctuation found in feeding activities may be trace back to the differing chemical composition of the weathered leaf material added but other unknown factors could also play a role.

Die Erkundung von Zersetzungsporzessen der Laubstreu, die im Stoff- und Energiekreislauf der Wälder von ausschlaggebender Bedeutung sind, gehören auch in Ungarn derzeit zu den wichtigsten bodenzoologischen und ökologischen Problemen. Die bisherigen ernährungsökologischen Untersuchungen zeigten bereits, dass den saprophagen Bodentieren – wie Lumbriciden, Enchytraeiden, Isopoden und Diplopoden – eine verschiedene aber doch bemerkenswerte Rolle bei diesen Prozessen zugemessen werden kann.

Die beiherigen Untersuchungen erfolgten in Hainbuchen-Eichenbeständen, wobei den sich leichtzersetzlichen Laubarten, wie Hainbuche und Linde der Vorrang gegeben wurde. Da jedoch in diesen Beständen auch mit einem bedeutenden Anteil (36%) von schwerzersetzlichen Laubarten gerechnet werden muss, zeigte es sich von Interesse die Zersetzlichkeit dieser ebenfalls zu verfolgen. Es wurde zum Ziel gesetzt, das Fallaub der in den ungarischen Waldbeständen mit 13% vertretenen Traubeneiche (*Quercus petraea* Mett.) mit der Diplopodenart *Chromatoiulus projectus* Verh., die in Ungarn grosse Verbreitung besitzt, hinsichtlich ihrer Frasstätigkeit zu prüfen, wobei der Konsum des in verschiedenem Rottezustand befindlichen Laubes verfolgt werden sollte.

Untersuchungsmethode

Die Fütterungsversuche wurden in ausgebrannten, unemailierten Tongefässen (Gere, 1958) durchgeführt. Um die Durchlüftung der Gefässe zu sichern, wurden diese mit einem Nylonnetz abgedeckt. Die Tiere und die Laubstreu der

* *Dr. Mária Pobozsny,* ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd-Universität), Budapest, Puskin u. 3, H–1088.

Traubeneiche wurden aus einem Waldbestand des Vértes-Gebirge, der als Versuchsbestand diente, gesammelt. Da bekannterweise die streuzersetzenden Bodentiere das verrottete Fallaub mit verschiedener Intensität konsumieren, wurde die Streu monatlich eingesammelt und verabreicht.

Die Tongefässe erhielten je 2 g Blattsubstanz (in abs. Trockengewicht) berechnet, das nachträglich angefeuchtet wurde. In jedem Gefäss wurden ferner noch je 5 adulte Tiere, deren Lebendgewicht vorausgehend bestimmt wurde, untergebracht. Die verabreichte Blattsubstanz wurde monatlich gewechselt, wobei das Lebendgewicht der Tiere gewogen, die Kotproduktion und der Konsum bestimmt (abs. Trockengewicht).

Gleichzeitig wurden in entsprechenden Kontroll-Gefässen die von der Mikroflora- und Fauna verursachten Zersetzungsverluste bestimmt.

Die Untersuchungen wurden unter optimalen Verhältnissen, im höhlenbiologischen Laboratorium der Baradla-Höhle in Aggtelek durchgeführt. Die ständige Temperatur der Höhle beträgt 10 ± 1 °C, die relative Luftfeuchtigkeit ist ebenfalls ziemlich ausgeglichen und beträgt 98 ± 1%. Diese Werte eignen sich vorzüglich zur Durchführung von ernährungsökologischen Untersuchungen verschiedener Bodentiere.

Die Versuche wurden im März 1977 begonnen und endeten im April 1978. Da sich die Tiere in den Wintermonaten bei grösserer Kälte in tieferen Bodenschichten aufhalten, wurde die Streu der Monate Dezember, Januar und Februar nicht verfüttert.

Die Versuche wurden in je 5 (gelegentlich je 10) Parallelen und mit ebensovielen Kontroll-Versuchen durchgeführt.

Der Konsum der Tiere wurde mit Hilfe der Formel nach REIMAN (ZICSI & POBOZSNY, 1977) berechnet, die Angaben beziehen sich auf 1 g Lebendgewicht der Tiere in mg/Tag.

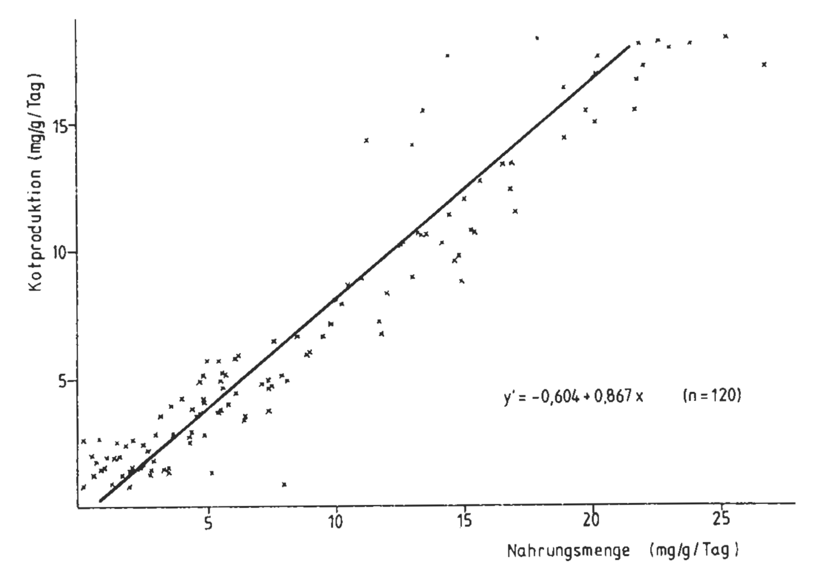


Abb. 1. Kotproduktion in Beziehung der Nahrungsmenge bei der Diplopoden-Art *Chromatoiulus projectus*

Um feststellen zu können, ob die Frassintensität von der jeweiligen chemischen Zusammensetzung der Laubstreu beeinflusst wird, wurden die zur Verfütterungen gelangenden Blätter bezüglich ihrer chemischen Komponente analysiert. Zur Bestimmung der chemischen Komponente wurden die in der bondenkundlichen Praxis üblichen Methoden angewandt (SCHLICHTING & BLUME, 1966). Bei den einzelnen Analysen wurde der Gesamtgehalt der organischen Substanz, der des Stickstoffes, von den verschiedenen Komponenten der organischen Substanz Fette und Gerbstoffe, Zucker und Stärke, Pektin und Hemizellulose sowie die Zellulose bestimmt.

Beim Nachweis der Zusammehänge wurden Regressions- bzw. Korrelationsberechnungen durchgeführt (SVÁB, 1967).

Wertung der Ergebnisse

Die Konsumwerte von *Chromatoiulus projectus* sowie die Werte der Losungproduktion werden in Tabelle 1 zusammengefasst.

Wie dies aufgrund vorausgehender Untersuchungen sowie anhand der bekannten Literaturangaben zu erwarten war, wurde von der Traubeneichen-Streu mit Vorschreiten des „Alters", d.h. proportionell mit der nach dem Laubfall vergangenen Zeit, ständig steigende Mengen verzehrt.

Beim hohen Konsum der Traubeneiche im Mai kann im Juni ein starker Rückgang verfolgt werden. Eine stichhaltige Erklärung für diesen Rückgang der Frasstätigkeit können wir derzeit nicht liefern, eine ähnliche Erscheinung konnte bei Enchytraeiden DÓZSA-FARKAS (1982) – ebenfalls bei Untersuchungen im höhlenbiologischen Laboratorium – beobachten.

Tabelle 1 enthält auch die Werte der Losungproduktion. Bereits DUNGER (1958) konnte feststellen, dass zwischen der Nahrungsintensität und der Losungproduktion der Diplopoden eine lineare Proportion besteht. Diese Aussagungen werden auch durch diese Untersuchungen unterstützt, wobei zwischen dem konsumierten Laub und der Menge der erzeugten Exkremente eine signifikante (P = 0,1% Wahrscheinlichkeit) lineare Korrelation besteht (Abb. 1.)

Die Zusammenhänge aufgrund der Regressionsanalyse sind die folgenden:

$$Y' = -0{,}604 + 0{,}867x \qquad (n = 120)$$

Die Bedeutung der Variablen in der Gleichung: x = Menge der konsumierten Nahrung; Y' = Menge der Exkremente, die aus der konsumierten Nahrung erzeugt wurden.

Um die Konsum und Losungsangaben werten zu können und sie mit Literaturangaben vergleichen zu können, müssen sie auf ein Tier bezogen werden. Zu diesem Zweck musste das Durchschnittsgewicht eines lebenden ausgewachsenen Tieres bestimmt werden. Das Lebendgewicht eines adulten *C. projectus* wurde anhand von 389 Messungen bestimmt. Dies beträgt $1{,}926 \times 10^{-1}$ ($\pm$ $5{,}056 \times 10^{-2}$)g.

In Tabelle 2 wird der Konsum und die Menge der erzeugten Exkremente eines Tieres pro Tag, bzw. pro Monat angeführt. Die Differenz zwischen dem täglichen Konsum und der täglich erzeugten Exkremente weist auf die Menge des täglichen Nahrungsbedarfes hin. Der tägliche Nahrungsbedarf eines Tieres schwankt zwischen 0,02 mg und 0,92 mg, ist im Frühjahr und Anfang des Herbstes am höchsten, am niedrigsten Ende des Winters, am Anfang des Frühjahrs und

auch im Spätherbst, obwohl diese Menge im Prozent der konsumierten Nahrung ausgedrückt die höchsten Werte aufweist (Abb. 2).

Meine Angaben fügen sich den von GERE (1962a, 1962b, 1965) anhand verschiedener Fütterungsversuche erlangten Ernährungswerten an. GERE verfütterte ebenfals Traubeneichen-Streu mit *C. projectus*, wobei ein Jahr hindurch gelegenes, dunkelbraunes bzw. verpiltztes Laub den Tieren angeboten wurde. Seine Ergebnisse bei Freilandsuntersuchungen (1962b) – insofern nur die Werte der adulten Tiere berücksichtigt werden – erbrachten auf ein Individuum bezogen in der Zwischenzeit von Juni bis Oktober einen Konsumnachweis von 0–5,14 mg pro Tag, dies beträgt 0–1,45% des Lebendsgewichtes. Die von GERE (1962a) unter Laborverhältnissen durchgeführten Versuche wiesen einen Konsum von 0,21–9,28 mg auf, während die von ihm (1965) im höhlenbiologischen Laboratorium durchgeführten (meinen Versuchen am nähesten stehenden) Untersuchungen 1,30–4,11 mg Werte des täglichen Konsums aufwiesen. Dies macht im Falle von GERE 0,90–2,75% des Lebensgewichtes aus, bei meinen Versuchen 0,23–2,80%.

Obwohl GERE das ganze Jahr fortlaufend dieselbe Streu verfütterte, erhielt er trotzdem extreme Werte im Konsum, und zwar mit meinen Beobachtungen übereinstimmend im Mai die höchsten, im November und Dezember die niedrigsten.



Abb. 2. Nahrungsbedarf der Art *Chromatoiulus projectus* von der in verschiedenen Monaten gesammelten Laubstreu. Nahrungsbedarf eines Tieres pro Tag (–). Nahrungsbedarf im Prozent der verzehrten Nahrung (– · –).

Mit recht kann also die Frage, welche Faktoren die Konsumintensität von *C. projectus* beeinflussen, erhoben werden. Die im höhlenbiologischen Laboratorium unter Ausschliessung der Umweltsfaktoren durchgeführten Untersuchungen weisen auf die Möglichkeit hin, dass diese Eigenschaften eventuell genetisch determiniert sein können. Die Versuchsergebnisse von GERE scheinen diese Anschauung zu unterstützen. Aber auch die Qualität der Nahrung, wie dies zahlreichen Literaturangaben zu entnehmen ist (LYFORD, 1943; DUNGER, 1958; THIELE 1959; EDWARDS und HEATH, 1963; EDWARDS, 1974; SAKWA, 1974), ist ein die Konsumintensität beeinflussender Faktor.

Um der letzteren Frage näher kommen zu können, wurden chemische Analysen des zur Nahrung angebotenen Substrates durchgeführt (Tab. 3). Zwischen der Menge der chemischen Komponente und der Ernährungsintensität konnte keine engere Korrelation nachgewiesen werden. Bloss bei P = 10% Wahrscheinlichkeit zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt der organischen Substanz, bzw. der Fette und Gerbstoffe, ferner dem wasserlöslichen Kohlenstoff und dem Nahrungsverbrauch der Tiere. Die übrigen untersuchten Komponente scheinen überhaupt keinen Einfluss auf die Frassintensität auszuüben. Der vielfältigen chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials zufolge können auch andere, bisher unberücksichtigte Komponente der Laubstreu als Konsumintensität beeinflussende Faktoren in Frage kommen. Es müssten weitere komplexe Untersuchungen durchgeführt werden, wobei u.a. auch die Vermehrungsbiologie der Tiere weitgehend berücksichtigt werden muss.

Abgesehen von den oben erwähnten Problemen, war die eigentliche Zielsetzung meiner Untersuchungen festzustellen, welche Rolle die Diplopodenart *C. projectus* beim Abbau des Eichenlaubes spielt. Wie aus Tab. 2 ersichtlich, beträgt der jährliche (von März bis November) Konsum eines Tieres rund 730 mg. Die von uns errechneten Angaben bedeuten in der Praxis in natürlichen Waldbeständen folgenden prozentuellen Anteil.

In unserem Versuchsgelände bei Szendehely–Katalinpuszta, in einem Hainbuchen–Eichenbestand wurde aufgrund der Aufsammlungen 1971–1977 eine durchschnittliche Laubstreuproduktion von 2880 kg/ha berechnet, die Eiche ist hier mit 986 kg/ha vertreten. Wie bekannt (ZICSI, 1975), wird hier die Zersetz-

Tab. 1. Werte des Konsums und der Losungproduktion von Chromatoiulus projectus bei Verfütterung der Traubeneiche (Quercus petraea)

Laubstreu der Monate	Konsum mg/g/Tag	Losung mg/g/Tag
März 1977	5,9 ± 2,2	5,0 ± 1,3
April	7,2 ± 0,5	4,1 ± 0,6
Mai	16,0 ± 3,6	11,2 ± 3,5
Juni	11,8 ± 4,0	9,2 ± 3,4
Juli	11,5 ± 2,0	8,9 ± 2,4
August	18,0 ± 5,6	13,8 ± 4,6
September	23,0 ± 4,4	18,6 ± 3,2
Oktober	28,0 ± 8,1	23,3 ± 6,4
November	2,3 ± 0,3	1,2 ± 0,3
März 1978	3,9 ± 1,8	3,8 ± 0,6
April	9,5 ± 5,1	8,0 ± 4,9

Tab. 2. Nahrungsbedarf eines C. projectus-Individuums von der in verschiedenen Monaten gesammelten Laubstreu

Laubstreu der verschiedenen Monate	Konsum 1 Tieres pro Tag in mg	Losung-produktion 1 Tieres pro Tag in mg	Nahrungsbedarf 1 Tieres pro Tag in mg	Konsum 1 Tieres pro Monat in mg
März 1977	1,14	0,96	0,18	35,34
April	1,39	0,79	0,60	41,70
Mai	3,08	2,16	0,92	95,48
Juni	2,27	1,77	0,50	68,10
Juli	2,21	1,71	0,50	68,51
August	3,47	2,66	0,81	107,57
September	4,43	3,58	0,85	132,90
Oktober	5,39	4,49	0,90	167,09
November	0,44	0,23	0,21	13,20
März 1978	0,75	0,73	0,02	23,25
April	1,83	1,54	0,29	54,90

Tab. 3. Chemische Zusammensetzung der zur Verfütterung angebotenen Traubeneichen-Streu

Laubstreu der verschiedenen Monate	Gesamt organische Stoffe	Gesamt Stickstoff	Fette und Gerbstoffe	Zucker und Stärke	Hemi-zellulose und Pektin	Zellulose
	%					
März 1977	92,56	–	8,48	0,86	7,40	7,30
April	91,45	–	7,80	1,91	7,14	7,25
Mai	89,28	1,95	7,28	0,75	5,52	4,47
Juni	89,10	2,00	7,22	0,23	5,02	3,38
Juli	89,17	–	6,13	0,31	6,32	6,33
August	84,99	2,08	5,12	0,54	7,09	4,38
September	86,33	2,20	5,57	0,26	5,98	2,41
Oktober	88,91	1,96	6,04	0,48	5,89	4,71
November	92,78	0,70	7,72	3,06	–	–
März 1978	91,41	1,19	8,42	2,50	–	–
April	90,27	–	7,40	1,60	–	–

ung der Laubstreu von grosskörprigen Lumbricidenarten gesteuert. Die Individuendichte von *C. projectus* beträgt 1,6 – 3,2 pro m^2. (LOKSA, 1977). Der Eichenlaubkonsum dieser Art macht jährlich 0,6 – 0,8% vom Gesamtfallaub aus, auf die Eiche bezogen beträgt dies 1,18 – 2,35%. Im anderen Versuchsbestand unserer Forschungsgruppe, ebenfalls in einem Hainbuchen-Eichenbestand im Vértes-Gebirge, wo im Gegensatz zum vorherigen Standort grosskörprige Regenwurmarten fehlen, kann den Vertretern der saprophagen Makro- und Mesofauna eine bedeutendere Rolle bei den Abbauprozessen der Laubstreu zugemessen werden. Hier beträgt die durchschnittliche Laubstreuproduktion, ebenfalls aufgrund der Aufsammlungen von 1971 – 1977 berechnet, im Durchschnitt 2664 kg/ha, die der Eiche 993 kg/ha. Die Individuendichte von *C. projectus* beträgt 6,4 – 12,8 pro m^2 (LOKSA, 1977), d.h. der jährliche Konsum dieser Art vom Gesamtfallaub

liegt zwischen 1,75–3,50%, von der der Eichenstreu zwischen 4,7–9,4%. In einem weiteren von uns untersuchten Waldbestand, im Bükkgebirge (Síkfőkút-Projekt), dessen durchschnittliche jährliche Fallaubproduktion 3903 kg/ha beträgt und wo die Streuproduktion von *Q. petraea* 56,5–65% der Gesamtstreuproduktion ausmacht (TÓTH, 1979) und wo ebenfalls keine grosskörprigen Regenwurmarten vorkommen, beträgt die Individuendichte von *C. projectus* 16–32 (SZÉKELYHIDY & LOKSA, 1979). Der Konsum dieser Art beträgt hier 3–6% vom Gesamtfallaub, von der Eiche 4,47–10,57%.

Natürlich verzehren die Individuen der Art *C. projectus* nicht nur Eichenlaub, sondern auch die Streu anderer Bäume bzw. Straucharten sowie die Streu des Untergewächses. Über die Rolle dieser Art in einem Waldbestand bzw. über das Ausmass der Streuzersetzung werden weitere komplex durchgeführte Nahrungspreferenz und die Nahrungsmenge bestimmende Untersuchungen aufschluss geben.

SCHRIFTTUM

1. DÓZSA-FARKAS, K. (1982): Konsum verschiedener Laubarten durch Enchytraeiden (Oligochaeta). – Pedobiologia, 23: 251–255.
2. DUNGER, W. (1958): Über die Zersetzung der Laubstreu durch Bodenmakrofauna im Auenwald. – Zool. Jb. (Syst.), 86: 139–180.
3. EDWARDS, C. A. (1974): Macroarthropods. – In: Dickinson, C. H. & Pugh, G. J. F. (eds.): Biology of plant litter decomposition. London–New York, 533–554.
4. EDWARDS, C. A. & HEATH, G. W. (1963): The role of soil animals in breakdown of leaf material. – In: Doecksen, J. & van der Drift, J. (eds.): Soil Organisms. Amsterdam, 76–84.
5. GERE, G. (1958): Methode zur Lebendhaltung und Zucht von Arthropoden der Waldböden. – Acta Zool. Hung., 3: 225–231.
6. GERE, G. (1962 a): Ernährungsbiologische Untersuchungen an Diplopoden. – Acta Zool. Hung. 8: 25–38.
7. GERE, G. (1962 b): Nahrungsverbrauch der Diplopoden und Isopoden in Freilandsuntersuchungen. – Acta Zool. Hung., 8: 385–415.
8. GERE, G. (1965): Fütterungsversuche mit bodenbewohnenden Diplopoden und Isopoden in der Baradla-Höhle bei Aggtelek (Ungarn). – Opusc. Zool. Budapest, 5: 193–196.
9. LOKSA, I. (1977): Két gyertyános-tölgyes mintaterület ászkarák, ikerszelvényes és százlábú népességeiről. – MTA Biol. Oszt. Közl., 20: 207–211.
10. LYFORD, W. H. (1943): The palatability of freshly fallen forest tree leaves to millipeds. – Ecology, 24: 252–261.
11. SAKWA, W. N. (1974): A consideration of the chemical basis of food preference in millipeds. – Symp. Zool. Soc. London, 32: 329–346.
12. SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P. (1966): Bodenkundliches Praktikum. – Hamburg–Berlin, pp. 209.
13. SVÁB, J. (1967): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. – Budapest, pp. 499.
14. SZÉKELYHIDY, E. H. & LOKSA, I. (1979): Oniscoiden-, Diplopoden- und Chilopoden-Gemeinschaften im Untersuchungsgebiet „Síkfőkút–Projekt" (Ungarn). – Opusc. Zool. Budapest, 16: 151–174.
15. THIELE, H. U. (1959): Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts. – Z. Angew. Ent., 44: 1–21.

16. Tóth, J. A. (1979): Cseres-tölgyes ökoszisztéma avarprodukciójának és lombavarbomlásának talajbiológiai értékelése a „Síkfőkút Project"keretében. – Kandidátusi értekezés, Budapest.

17. Zicsi, A. (1975): Zootische Einflüsse auf die Streuzersetzung in Hainbuchen-Eichenwäldern Ungarns. – Pedobiologia, 15: 432–438.

18. Zicsi, A. & Pobozsny, M. (1977): Einfluss des Zersetzungsverlaufes der Laubstreu auf die Konsumintensität einiger Lumbriciden-Arten. – Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull. (Stockholm), 25: 229–239.